

การศึกษาสมบัติทางกลของวัสดุเชิงประกอบจากยูคาลิปตัส และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

Study of Mechanical Properties of Eucalyptus Wood – High Density Polyethylene Composites

ณากาจ จบนุช¹ และ กนต์ธร ชำนิประศาสน์^{1*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

*ติดต่อ: E-mail: kontorn@sut.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 0-4422-4286, เบอร์โทรสาร: 0-4422-4613

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการผลิตและศึกษาวัสดุเชิงประกอบจากยูคาลิปตัสและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene, HDPE) เพื่อเพิ่มคุณค่าของวัสดุเหลือใช้ โดยวัสดุเชิงประกอบนี้จะนำผิวยูคาลิปตัสมาผสมกับพลาสติกพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงซึ่งได้มาจากขวดน้ำสีขาวขุ่นที่ใช้แล้ว จากนั้นจะใช้พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกราฟต์ด้วยมาเลอิกแอนไฮไดรด์ (High Density Polyethylene Grafted Maleic Anhydride, HDPE-g-MAH) เป็นสารประสาน วัสดุทั้งสองส่วนจะถูกผสมกันในอัตราส่วนระหว่าง HDPE ต่อผิวยูคาลิปตัสเป็น 50:50 60:40 70:30 80:20 และ 90:10 โดยน้ำหนัก ทำการขึ้นรูปด้วยวิธีอัดร้อน ที่อุณหภูมิ 160 180 และ 200 องศาเซลเซียส ความดัน 150 บาร์ ทำการศึกษาผลของการเติมสารประสานและไม่เติมสารประสาน โดยการเติมสารประสานจะเติมในปริมาณ 2 ส่วนใน 100 ส่วนของส่วนผสมระหว่างผิวยูคาลิปตัสและพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง นำชิ้นงานไปทดสอบสมบัติทางกลตามมาตรฐานของ ASTM โดยสมบัติทางกลที่ทดสอบประกอบด้วย ความแข็งแรงดึง (Tensile strength) ความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength) ความแข็งแรงกระแทก (Impact strength) และความแข็งผิว (Hardness) แต่ละมาตรฐานใช้ชิ้นทดสอบจำนวน 5 ชิ้น ผลการทดสอบพบว่าที่อัตราส่วน 90:10 อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสมีค่าความแข็งแรงดึง ความแข็งแรงโค้งงอ และค่าความแข็งแรงกระแทกสูงสุด และที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่สูงเกินไปในการขึ้นรูปทำให้สมบัติต่างๆ ลดลงเนื่องจากวัสดุเชิงประกอบนั้นเกิดการเสื่อมสภาพ ผลของความแข็งผิวพบว่าที่อัตราส่วน 50:50 อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสมีค่าความแข็งผิวสูงสุด ส่วนผลการพิจารณาการเติมสารประสานและไม่เติมพบว่าการเติมสารประสานลงไปจะทำให้สมบัติต่างๆ ของวัสดุเชิงประกอบมีค่าสูงกว่าที่ไม่ได้เติมสารประสาน

คำหลัก: สมบัติทางกล วัสดุเชิงประกอบ ยูคาลิปตัส พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง

Abstract

The purpose of this research was produce and study composites material from eucalyptus wood and high density polyethylene (HDPE) to increase the value of excessive material which could save resource. eucalyptus wood was combined with high density polyethylene from waste drinking water bottles and high density polyethylene grafted maleic anhydride (HDPE-g-MAH) was used as an additive

for a compatibilizer at various weight ratios of HDPE and eucalyptus wood which were 50:50 60:40 70:30 80:20 and 90:10. The mixed materials were manufactured by a hot compression method at temperatures 160 180 and 200 celsius pressure 150 bars. Investigated effect of compatibilizer and the mechanical properties of the composites material according to the American society for testing and materials (ASTM) method, consist of tensile strength, flexural strength, impact strength and hardness. Each standard used 5 specimens. The experimental results were found that tensile strength, flexural strength and impact strength were increased by the ratio of HDPE and forming temperature which increased. The best tensile strength, flexural strength and impact strength of composites material was 90:10 at 180 Celsius. At 200 celsius that was too high to manufactured the result at 200 celsius composites material was deteriorate. The best hardness was 50:50 at 180 celsius and the experimental result was found that the compatibilizer was improved the mechanical properties of the composites material.

Keywords: mechanical properties, composites material, eucalyptus wood, high density polyethylene

1. บทนำ

ปัจจุบันยูคาลิปตัสเป็นไม้เศรษฐกิจที่คนไทยนิยมปลูก เนื่องจากไม้ยูคาลิปตัสนั้นปลูกง่าย เติบโตเร็ว ดูแลจัดการง่าย ลงทุนน้อย จากข้อมูลการสำรวจพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสของส่วนวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดินพบว่าพื้นที่การปลูกไม้ยูคาลิปตัสได้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก ไม้ยูคาลิปตัสถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมหลายด้านโดยเฉพาะนำมาผลิตเป็นกระดาษ เศษไม้ที่เหลือจากการผลิตส่วนใหญ่ของโรงงานกระดาษจะนำไปทำเป็นเชื้อเพลิง สำหรับโรงงานที่แปรรูปไม้ยูคาลิปตัส เช่น ทำพาเลท ทำเฟอร์นิเจอร์ ขี้เลื่อยที่เกิดขึ้นจากการตัดไม้ส่วนใหญ่จะนำไปทำเชื้อเพลิง ชีวมวล ซึ่งขี้เลื่อยหนึ่งตันมีมูลค่าประมาณ 1,500 -1,700 บาท ประกอบกับปัจจุบันมีการใช้พลาสติกอย่างแพร่หลาย เช่น ขวดน้ำดื่ม ขวดน้ำมันพืช ถังพลาสติก เป็นต้น ซึ่งขยะพลาสติกส่วนใหญ่มาจากขยะชุมชน ส่งผลให้พลาสติกดังกล่าวหลังจากการเลิกการใช้งานแล้ว กลายเป็นขยะจำนวนมากมหาศาล ปริมาณขยะที่อัตราเพิ่มขึ้นคือขยะประเภทพลาสติก โดยชนิดของพลาสติกที่ตกค้างอยู่ในขยะมูลฝอยชุมชนที่สำคัญ ได้แก่ พลาสติกชนิด High Density Polyethylene (HDPE) Low Density Polyethylene (LDPE) และ

Polypropylene (PP) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 39.54 ร้อยละ 29.20 และร้อยละ 16.10 ของปริมาณขยะพลาสติกที่พบในขยะมูลฝอย ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2548) ดังนั้นการที่จะลดปริมาณขยะพลาสติกของขยะมูลฝอยชุมชนควรมุ่งเน้นไปที่ขยะพลาสติกประเภท HDPE LDPE และ PP

การศึกษาก่อนหน้านี้ ญัฐชัญญา ธนวัฒนาศิริกุล(2554) [2] ได้ทำการปรับปรุงความแข็งแรงของไม้พลาสติกจากไม้ปาล์ม โดยสารเชื่อมโยงที่ใช้คือเมลาอิก ทดลองที่อุณหภูมิและอัตราส่วนที่แตกต่างกัน พบว่าวัสดุไม้พลาสติกที่มีปริมาณของผงไม้ปาล์ม: เศษ HDPE: MA ที่สัดส่วน 30:67:03 อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็ง ความแข็งแรงดัด ความแข็งแรงดึง ความแข็งแรงกด และการดูดซับพลังงานแรงกระแทกสูงที่สุดในทุกสัดส่วนและอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลอง

อาชาไนย บัวศรี และคณะ(2550) [8] ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของปริมาณผงขี้เลื่อยที่มีต่อคุณสมบัติของวัสดุเสริมองค์ประกอบ โดยใช้พลาสติก HDPE และ LDPE ผสมกับผงขี้เลื่อยในอัตราส่วน 2.5, 5.0 และ 10.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของพลาสติก และศึกษาอิทธิพลของการเติมสารคู่ควบที่มีต่อสมบัติของวัสดุเสริมองค์ประกอบ โดยใช้ Maleic Anhydride

graft Polyethylene 2.0 เปอร์เซ็นต์ โดยนำหน้าพบว่ามีปริมาณของผงซีลี้อย่างมากขึ้น คุณสมบัติเชิงกลของวัสดุเสริมองค์ประกอบจะดีขึ้น และสารช่วยปรับปรุงคุณสมบัติการยึดเกาะกันของวัสดุเสริมองค์ประกอบ ทำให้มีคุณสมบัติเชิงกลที่ดีขึ้น ส่วนความสามารถในการดูดซับน้ำและอุณหภูมิในการสลายตัวมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อปริมาณของผงซีลี้อย่างเพิ่มขึ้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลิตภัณฑ์เชิงประกอบจากยูคาลิปตัสและพลาสติกเหลือใช้ซึ่งเป็นขวดน้ำสีขาวยุโรปประเภท High Density Polyethylene เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสิ่งของเหลือใช้ ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากขยะพลาสติก และยังเป็น การเพิ่มการใช้ประโยชน์จากซีลี้อย่างยูคาลิปตัสให้นำมาใช้ประโยชน์ให้หลากหลายขึ้นนอกจากการนำไปทำเชื้อเพลิงชีวมวล

2. วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 วัสดุ

1. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ทำหน้าที่เป็นส่วนหนึ่งของเมทริกซ์ของวัสดุเชิงประกอบ ได้มาจากขวดน้ำสีขาวยุโรปที่ผ่านการใช้งานแล้ว นำมาล้างให้สะอาดตัดเป็นชิ้นขนาดเล็ก นำไปบดด้วยเครื่องบดพลาสติก

2. ซีลี้อย่างยูคาลิปตัส ทำหน้าที่เป็นส่วนเสริมแรงให้กับวัสดุเชิงประกอบ ขนาดของซีลี้อย่างมีขนาด 200 - 425 ไมโครเมตร [1] โดยผ่านการร่อนด้วยเครื่องร่อนก่อนนำไปผสมต้องนำไปอบเพื่อกำจัดความชื้นที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

3. พอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกราฟต์เมลาอิกแอโนไฮไดรต์ ทำหน้าที่เป็นสารประสานระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับซีลี้อย่างยูคาลิปตัส

2.2 อัตราส่วนผสมและอุณหภูมิ

ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับซีลี้อย่างยูคาลิปตัส อุณหภูมิในการขึ้นรูป และผลของการเติมและไม่เติมสารประสาน กรณีการเติมจะเติมลงไป

2 ส่วนใน 100 ส่วนของอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับซีลี้อย่างยูคาลิปตัส อุณหภูมิที่ทำการศึกษาคือ 160, 180 และ 200 [2] องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่าง HDPE และซีลี้อย่างยูคาลิปตัสที่ทำการศึกษาคือ 50:50, 60:40, 70:30, 80:40 และ 90:10

2.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

หลังจากที่อบซีลี้อย่างยูคาลิปตัสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งส่วนผสมตามอัตราส่วน ทำการผสมด้วยเครื่องผสมภายในใช้เวลาในการผสม 10 นาที ที่ความเร็วรอบของโรเตอร์ 60 รอบต่อนาที เมื่อนำวัสดุออกจากเครื่องผสมภายในแล้ว ต้องรอให้เย็นตัวที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดพลาสติกเพื่อทำเม็ดคอมปาวด์ หลังจากนั้นนำเม็ดคอมปาวด์ที่ได้ไปอัดร้อนด้วยเครื่อง Compression Molding ตามอุณหภูมิที่กำหนด ใช้ความดัน 150 บาร์ ปล่อยให้เย็นตัวในแม่พิมพ์ 30 นาทีจึงนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

3. วิธีการทดสอบ

3.1 ความแข็งแรงดึง (Tensile strength)

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D638 [3] การทดสอบจะใช้เครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal Testing Machine) แต่ละครั้งใช้ตัวอย่าง 5 ชิ้น โดยตัวอย่างชิ้นงานเป็นรูปดัมเบลล์ ความยาวของเกจ (Gage length) 57 มิลลิเมตร ใช้โหลดเซลล์ (Load cell) 5 กิโลนิวตัน ความเร็วในการดึง 100 มิลลิเมตรต่อนาที ทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง

3.2 ความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength)

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D790 [4] การทดสอบจะใช้เครื่องมือทดสอบสมบัติเชิงกล (Universal Testing Machine) ใช้ชิ้นทดสอบ 5 ชิ้น ขนาดของชิ้นงาน กว้าง 13.5 มิลลิเมตร ยาว 130 มิลลิเมตร ใช้โหลดเซลล์ (Load cell) 5 กิโลนิวตัน ความเร็วในการกด 10 มิลลิเมตรต่อนาที ระยะห่างของขารองรับชิ้นงาน 40 มิลลิเมตร ทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง

3.3 ความแข็งแรงกระแทก (Impact strength)

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D256 [5] ในการทดสอบใช้มาตรฐานแบบไอซอด (Izod type) ใช้เครื่องมือ Basic Pendulum Impact (BPI) ใช้ชิ้นทดสอบทั้งหมด 5 ชิ้น ใช้ภาระกรรมขนาด 2.7 J ทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้องก่อนนำไปทดสอบต้องนำไปบaking เป็นรอยขนาด 45 องศาที่กึ่งกลางชิ้นงานด้วยเครื่องบากชิ้นงาน อ่านค่าพลังงานที่ได้จากเครื่องแล้วนำมาคำนวณหาค่าความแข็งแรงกระแทกจากสมการที่ (1)

$$\text{Impact Strength} = \frac{W}{A} \quad (1)$$

เมื่อ W คือค่าพลังงานกระแทก (kJ)
 A คือพื้นที่หน้าตัดของตัวอย่าง (m^2)

3.4 ความแข็งผิว (Hardness)

ทดสอบตามมาตรฐาน ASTM D785 [6] ใช้เครื่องมือ Hardness DUROTECH ในการทดสอบใช้หัวกดแบบ Shore D ทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง ชิ้นงานที่นำมาทดสอบจะต้องมีความหนาไม่ต่ำกว่า 1/4 นิ้ว ลักษณะผิวชิ้นงานต้องราบเรียบ ทำการกดหัวเข็มลงบนชิ้นงานจนกระทั่งสุดระยะของหัวเข็ม แล้วทำการอ่านค่าความแข็งผิวที่ได้

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

4.1 ความแข็งแรงดึง (Tensile strength)

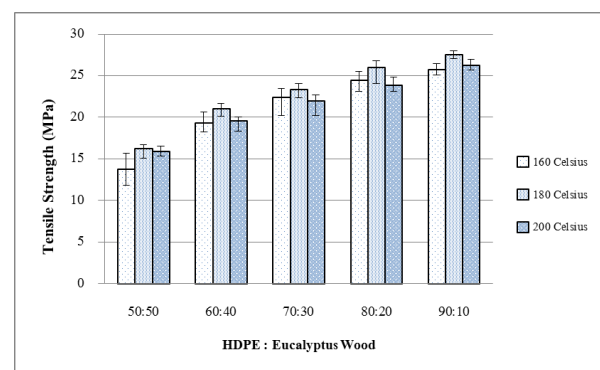
จากการทดสอบความแข็งแรงดึงตามอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับซีลี้อยูไม์ยูคาลิปตัสทั้งหมด 5 อัตราส่วนคือ 50:50 60:40 70:30 80:20 และ 90:10 ที่อุณหภูมิในการขึ้นรูป 160 180 และ 200 องศาเซลเซียส พบว่า วัสดุเชิงประกอบกรณีไม่เติมสารประสานที่อัตราส่วน 50:50 มีความแข็งแรงดึงอยู่ในช่วง 13.77-16.24 MPa ที่อัตราส่วน 60:40 มีความแข็งแรงดึงอยู่ในช่วง 19.30-21.01 MPa ที่อัตราส่วน 70:30 มีความแข็งแรงดึงอยู่ในช่วง 22.37-23.33 MPa ที่อัตราส่วน 80:20 มีความแข็งแรงดึงอยู่ในช่วง 24.40-25.96 MPa และที่

อัตราส่วน 90:10 มีความแข็งแรงดึงอยู่ในช่วง 25.72-27.55 MPa ดังแสดงในรูปที่ 1

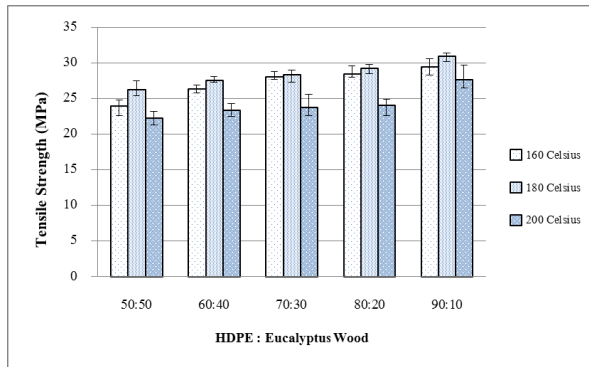
กรณีเติมสารประสาน 2 ส่วนใน 100 ส่วนของอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับซีลี้อยูไม์ยูคาลิปตัส พบว่า ที่อัตราส่วน 50:50 มีความแข็งแรงดึงอยู่ในช่วง 22.22-26.26 MPa ที่อัตราส่วน 60:40 มีความแข็งแรงดึงอยู่ในช่วง 23.28-27.53 MPa ที่อัตราส่วน 70:30 มีความแข็งแรงดึงอยู่ในช่วง 23.77-28.34 MPa ที่อัตราส่วน 80:20 มีความแข็งแรงดึงอยู่ในช่วง 24.04-29.23 MPa และที่อัตราส่วน 90:10 มีความแข็งแรงดึงอยู่ในช่วง 27.60-30.95 MPa ดังแสดงในรูปที่ 2

จากผลการทดสอบค่าความแข็งแรงดึง แนวโน้มของค่าความแข็งแรงดึงจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงสูงขึ้นในทุกอุณหภูมิที่ทำการทดลอง ทั้งกรณีที่ไม่เติมและเติมสารประสาน เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิพบว่าที่ อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งแรงดึงสูงกว่าที่อุณหภูมิ 160 และ 200 องศาเซลเซียสในทุกอัตราส่วนที่ทำการทดลอง

และเมื่อพิจารณาผลของการเติมและไม่เติมสารประสานพบว่าการเติมสารประสานลงไปปริมาณ 2 ส่วนใน 100 ส่วนของอัตราส่วนผสมระหว่างพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงกับซีลี้อยูไม์ยูคาลิปตัส พบว่าการเติมสารประสานนั้นค่าของความแข็งแรงดึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วนและทุกอุณหภูมิที่ทำการทดลอง



รูปที่ 1 ความแข็งแรงดึงที่สภาวะต่างๆ กรณีไม่เติมสารประสาน



รูปที่ 2 ความแข็งแรงดึงที่สภาวะต่างๆ
กรณีเติมสารประสาน

4.2 ความแข็งแรงโค้งงอ (Flexural strength)

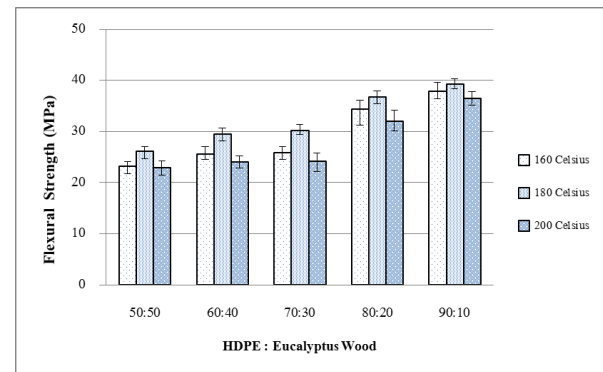
จากการทดสอบความแข็งแรงโค้งงอทั้ง 5 อัตราส่วนคือ 50:50 60:40 70:30 80:20 และ 90:10 ที่อุณหภูมิในการขึ้นรูปคือ 160 180 และ 200 องศาเซลเซียส พบว่าวัสดุเชิงประกอบกรณีไม่เติมสารประสานที่อัตราส่วน 50:50 มีความแข็งแรงโค้งงออยู่ในช่วง 22.94-26.12 MPa ที่อัตราส่วน 60:40 มีความแข็งแรงโค้งงออยู่ในช่วง 24.06-29.52 MPa ที่อัตราส่วน 70:30 มีความแข็งแรงโค้งงออยู่ในช่วง 24.20-30.16 MPa ที่อัตราส่วน 80:20 มีความแข็งแรงโค้งงออยู่ในช่วง 32.05-36.69 MPa ที่อัตราส่วน 90:10 มีความแข็งแรงโค้งงออยู่ในช่วง 36.50-39.25 MPa ดังแสดงในรูปที่ 3

กรณีเติมสารประสาน พบว่า ที่อัตราส่วน 50:50 มีความแข็งแรงโค้งงออยู่ในช่วง 39.58-41.19 MPa ที่อัตราส่วน 60:40 มีความแข็งแรงโค้งงออยู่ในช่วง 40.47-42.23 MPa ที่อัตราส่วน 70:30 มีความแข็งแรงโค้งงออยู่ในช่วง 40.69-43.84 MPa ที่อัตราส่วน 80:20 มีความแข็งแรงโค้งงออยู่ในช่วง 41.14-45.52 MPa ที่อัตราส่วน 90:10 มีความแข็งแรงโค้งงออยู่ในช่วง 42.91-47.72 MPa ดังแสดงในรูปที่ 4

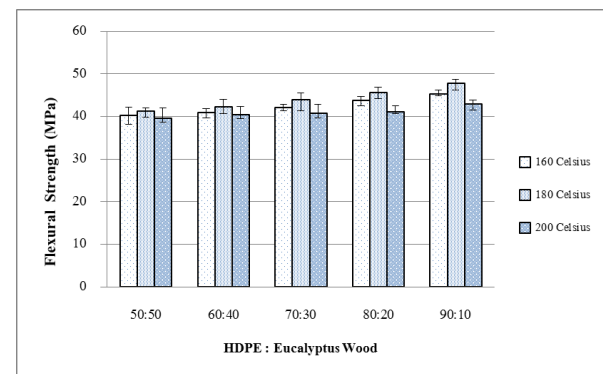
จากผลการทดสอบค่าความแข็งแรงโค้งงอ แนวโน้มของค่าความแข็งแรงโค้งงอจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงสูงขึ้นในทุกอุณหภูมิที่ทำการทดลอง ทั้งกรณีที่เติมและไม่เติมสารประสาน เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งแรงดึงสูง

กว่าที่ อุณหภูมิ 160 และ 200 องศาเซลเซียสในทุกอัตราส่วนที่ทำการทดลอง

และเมื่อพิจารณาผลของการเติมและไม่เติมสารประสานพบว่าการเติมสารประสานนั้นค่าของความแข็งแรงโค้งงอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วนและทุกอุณหภูมิที่ทำการทดลอง ลักษณะผลการทดสอบมีแนวโน้มคล้ายกับความแข็งแรงดึง



รูปที่ 3 ความแข็งแรงโค้งงอที่สภาวะต่างๆ กรณีไม่เติมสารประสาน



รูปที่ 4 ความแข็งแรงโค้งงอที่สภาวะต่างๆ กรณีเติมสารประสาน

4.3 ความแข็งแรงกระแทก (Impact strength)

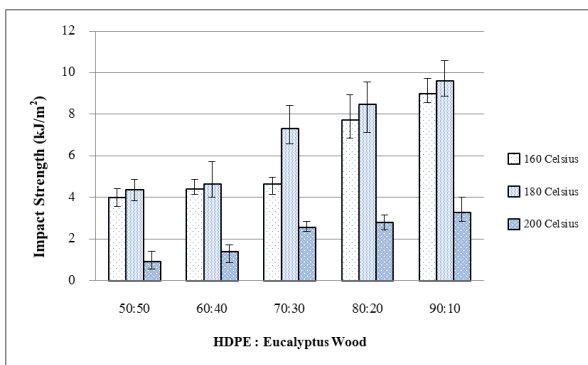
จากการทดสอบความแข็งแรงกระแทกทั้ง 5 อัตราส่วน ที่อุณหภูมิในการขึ้นรูปคือ 160 180 และ 200 องศาเซลเซียส พบว่า วัสดุเชิงประกอบกรณีไม่เติมสารประสานที่อัตราส่วน 50:50 มีความแข็งแรงกระแทกอยู่ในช่วง 0.915-4.371 kJ/m² ที่อัตราส่วน 60:40 มีความแข็งแรงกระแทกอยู่ในช่วง 1.397-4.657 kJ/m² ที่อัตราส่วน 70:30 มีความแข็งแรงกระแทกอยู่ในช่วง 2.557-7.314 kJ/m² ที่อัตราส่วน 80:20 มีความแข็งแรงกระแทกอยู่ในช่วง 2.797-8.486 kJ/m²

ที่อัตราส่วน 90:10 มีความแข็งแรงกระแทกอยู่ในช่วง 3.257-9.600 kJ/m² ดังแสดงในรูปที่ 5

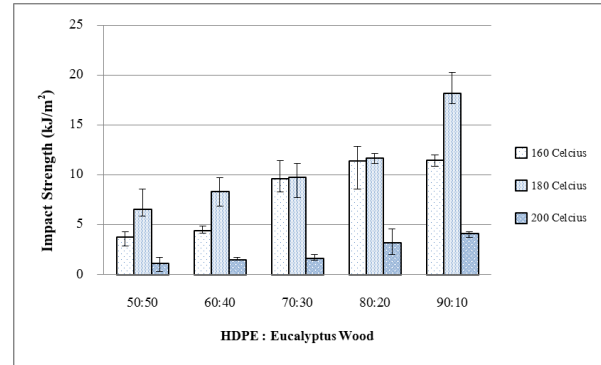
กรณีเติมสารประสาน พบว่า ที่อัตราส่วน 50:50 มีความแข็งแรงกระแทกอยู่ในช่วง 1.086-6.543 kJ/m² ที่อัตราส่วน 60:40 มีความแข็งแรงกระแทกอยู่ในช่วง 1.486-8.286 kJ/m² ที่อัตราส่วน 70:30 มีความแข็งแรงกระแทกอยู่ในช่วง 1.600-9.771 kJ/m² ที่อัตราส่วน 80:20 มีความแข็งแรงกระแทกอยู่ในช่วง 3.200-11.686 kJ/m² ที่อัตราส่วน 90:10 มีความแข็งแรงกระแทกอยู่ในช่วง 4.086-18.171 kJ/m² ดังแสดงในรูปที่ 5

จากผลการทดสอบค่าความแข็งแรงกระแทก แนวโน้มของค่าความแข็งแรงกระแทกจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงสูงขึ้นในทุกอุณหภูมิที่ทำการทดลอง ทั้งกรณีที่เติมและไม่เติมสารประสาน เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิพบว่า ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งแรงกระแทกสูงกว่าที่อุณหภูมิ 160 และ 200 องศาเซลเซียสในทุกอัตราส่วนที่ทำการทดลอง

และเมื่อพิจารณาผลของการเติมและไม่เติมสารประสานพบว่าการเติมสารประสานนั้นค่าของความแข็งแรงกระแทกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วนและทุกอุณหภูมิที่ทำการทดลอง ลักษณะผลการทดสอบมีแนวโน้มคล้ายกับความแข็งแรงดึงและความแข็งแรงโค้งงอ



รูปที่ 5 ความแข็งแรงกระแทกที่สภาวะต่างๆ กรณีไม่เติมสารประสาน



รูปที่ 6 ความแข็งแรงกระแทกที่สภาวะต่างๆ กรณีเติมสารประสาน

4.4 ความแข็งผิว (Hardness)

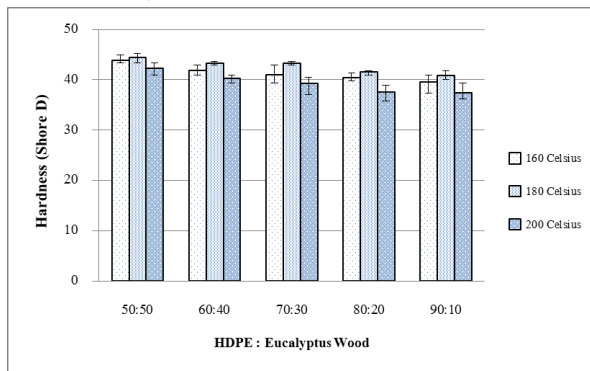
จากการทดสอบความแข็งผิวทั้ง 5 อัตราส่วนที่อุณหภูมิในการขึ้นรูปคือ 160 180 และ 200 องศาเซลเซียส พบว่าวัสดุเชิงประกอบกรณีไม่เติมสารประสานที่อัตราส่วน 50:50 มีความแข็งผิวอยู่ในช่วง 42.283-44.488 ที่อัตราส่วน 60:40 มีความแข็งผิวอยู่ในช่วง 40.236-43.307 ที่อัตราส่วน 70:30 มีความแข็งผิวอยู่ในช่วง 39.213-43.228 ที่อัตราส่วน 80:20 มีความแข็งผิวอยู่ในช่วง 37.559-41.496 ที่อัตราส่วน 90:10 มีความแข็งผิวอยู่ในช่วง 37.402-40.847 ดังแสดงในรูปที่ 7

กรณีเติมสารประสาน พบว่า ที่อัตราส่วน 50:50 มีความแข็งผิวอยู่ในช่วง 42.835-47.008 ที่อัตราส่วน 60:40 มีความแข็งผิวอยู่ในช่วง 41.102-44.803 ที่อัตราส่วน 70:30 มีความแข็งผิวอยู่ในช่วง 39.370-43.858 ที่อัตราส่วน 80:20 มีความแข็งผิวอยู่ในช่วง 38.898-43.543 ที่อัตราส่วน 90:10 มีความแข็งผิวอยู่ในช่วง 38.661-40.630 ดังแสดงในรูปที่ 8

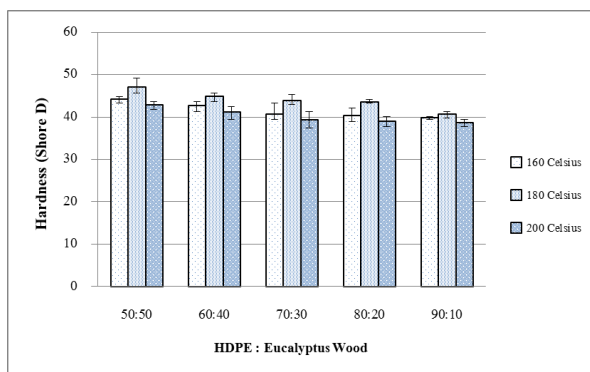
จากผลการทดสอบค่าความแข็งผิว แนวโน้มของค่าความแข็งผิวจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่ออัตราส่วนของผงไม้ยูคาลิปตัสสูงขึ้นในทุกอุณหภูมิที่ทำการทดลอง ทั้งกรณีที่เติมและไม่เติมสารประสาน เมื่อพิจารณาผลของอุณหภูมิพบว่าที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส มีค่าความแข็งสูงกว่าที่อุณหภูมิ 160 และ 200 องศาเซลเซียสในทุกอัตราส่วนที่ทำการทดลอง

และเมื่อพิจารณาผลของการเติมและไม่เติมสารประสานพบว่าการเติมสารประสานนั้นค่าของความแข็งผิวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วนและทุก

อุณหภูมิที่ทำการทดลอง แต่ค่าของความแข็งระหว่างการเติมและไม่เติมสารประสานมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 7 ความแข็งที่สภาวะต่างๆ กรณีไม่เติมสารประสาน



รูปที่ 8 ความแข็งที่สภาวะต่างๆ กรณีเติมสารประสาน

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดสอบวัสดุเชิงประกอบจากยูคาลิปตัสและพอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูงพบว่าที่อัตราส่วน 90:10 อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสมีความแข็งแรงดึง ความแข็งแรงโค้งงอ และค่าความแข็งแรงกระแทกสูงสุด เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะช่วยให้พอลิเอทีลีนชนิดความหนาแน่นสูงหลอมละลายได้ง่ายและสามารถรวมตัวกับผงไม้และสารประสานได้ดีขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิที่สูงเกินไปจากการทดลองคือ 200 องศาเซลเซียส ก็จะทำให้สมบัติต่างๆ ลดลงเนื่องจากวัสดุเชิงประกอบนั้นเกิดการเสื่อมสภาพ และที่อัตราส่วน 90:10 มีค่าความแข็งแรงดึง ความแข็งแรงโค้งงอ และค่าความแข็งแรงกระแทกสูงสุด เนื่องจากวัสดุเชิงประกอบหรือพอลิเมอร์ที่ผสมสารตัวเติมของแข็ง (Filled polymers) นั้น เส้นใยหรือสารตัวเติมมีความแข็งหรือค่ามอดุลัสสูงกว่าพอลิเมอร์เมทริกซ์ เมื่อวัสดุได้รับแรงจะมีการเปลี่ยนขนาด

หรือความเครียด (Strain) ในส่วนของเส้นใยหรือสารตัวเติมน้อยกว่าเกิดในเมทริกซ์ ทำให้เกิดช่องว่างที่บริเวณรอยต่อระหว่างวัสดุภาคหรืออินเตอร์เฟส (Interfaces) ซึ่งเป็นจุดริเริ่มของการแตกหักหรือเสียหาย นอกจากนี้เมื่อเพิ่มปริมาณเส้นใยหรือสารตัวเติม จะทำให้เกิดความไม่ต่อเนื่องของวัสดุภาคเมทริกซ์มีรอยต่อวัสดุภาคหรืออินเตอร์เฟสที่ไม่แข็งแรงเพิ่มมากขึ้น เป็นผลให้ค่าความแข็งแรงดึง ความแข็งแรงโค้งงอ และค่าความแข็งแรงกระแทกมีค่าลดลง

ส่วนผลของความแข็งผิวพบว่าที่อัตราส่วน 50:50 อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียสมีความแข็งแรงผิวสูงสุด เนื่องจากไม่มีความแข็งสูง เมื่อผสมลงไปวัสดุเชิงประกอบจะทำให้วัสดุเชิงประกอบมีความแข็งสูงขึ้นสามารถทนแรงกดได้ดีขึ้น ส่งผลให้มีค่าความแข็งแรงผิวเพิ่มมากขึ้น

ส่วนการผสมสารประสานลงไปจะทำให้สมบัติต่างๆ ของวัสดุเชิงประกอบสูงกว่าที่ไม่ได้เติมสารประสาน เนื่องจากสารประสานจะช่วยปรับปรุงการยึดเกาะกันระหว่างพลาสติกและผงไม้เลื้อย ทำให้เกิดการกระจายตัวของผงไม้ในพลาสติกได้ดี สารประสานที่ใช้ คือ high density polyethylene grafted maleic anhydride

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคุณปาณิสรา รัตนปัญญาโชติ ผู้จัดการฝ่ายการตลาด บริษัท Du Pont (Thailand) Limited และบริษัททวงศ์วานิช วู้ดชิพ จำกัด ที่ได้สนับสนุนวัสดุดิบในการทำวิจัยครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ปิ่นสุภา ปิติรักษ์สกุล(2551).คอมโพสิตไม้พลาสติกวัสดุใหม่สำหรับงานก่อสร้าง.วารสารรวมคำแห่งฉบับวิศวกรรม.หน้า 20-25.
- [2] ญัตติชญาภา ธนวัฒนาศิริกุล(2554).การปรับปรุงความแข็งแรงของไม้พลาสติกจากไม้ปาล์ม.วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมอุตสาหกรรมและระบบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

- [3] ASTM D683. Committee on standard. Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastic(Metric). *Philadephia : American Society for Testing and Materials*, 1993
- [4] ASTM D790. Committee on standard. Standard Test Methods for Flexural properties of Unreinforced and Reinforced Plastic and Electrical Insulating Materials. *Philadephia : American Society for Testing and Materials*, 1993
- [5] ASTM D256. Committee on standard. Standard Test Methods for Impact Resistance of Plastic and Electrical Insulating Materials. *Philadephia : American Society for Testing and Materials*, 1993
- [6] ASTM D785. Committee on standard. Standard Test Methods for Rockwell Hardness of Plastic and Electrical Insulating Materials. *Philadephia : American Society for Testing and Materials*, 1993
- [7] George,J.et.al.(1994).Mechanical and visco elastic properties of shot pineapple fiber reinforced low-density polyethylene composite, *Polymer science recent advances,(Bharwaj,I.Sed.) India:Allied publisher limited.*
- [8] อาชาไนย บัวศรีณัฐวุฒิ,ชัยยุตต์ กริชฐา,ธนะวัฒน์ นิสาชล,ชลาชนเดชะ และ อัญชลี อ่วมพันธ์เจริญ (2550).การเตรียมวัสดุเสริมองค์ประกอบของพอลิโอสเลฟินกับผงขี้เลื่อย.การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 .กรุงเทพฯ
- [9] Xian,X.J.et.al(1993).Mechanical behavior and microstructure of nature plant fiber reinforced composite material.*Proc. int. conf. comos. master. 2:858-863*
- [10] Rodeney,J.S.et.al(1992).Composite materials from recycled multilayer polypropylene bottles and wood fiber. *American chemical society.232-240*
- [11] Yam,K.L.et.al.(1990).Wood fiber from compounding wood fibers with recycled HDPE. *Polym.eng.sci.30(11):693-700*
- [12] Raj,R.G.et.al(1989).Use of wood fiber as a filter in polyethylene: study on mechanical properties.*Plastic and rubber processing and application 11.215-221*
- [13] Woodharms,T.t.et.al(1984).Wood fiber as reinforcing filter in polyethylene :study on mechanical properties. *Polym.eng.sci.24(15):77-81*